

MJERENJE VISINE KRATERA NA MJESECU METODOM SJENE

Pruredili: Marko Popović, Dinko Duančić i Saša Vrčec

Cilj i zadatak vježbe

Cilj ove vježbe jest izmjeriti visinu kratera na Mjesecu metodom mjerenja duljine sjene na fotografiji Mjeseca koja je napravljena u trenutku neke Mjesečeve faze oko četvrti, tako da je sjena bolje vidljiva i da je položena na dolini kratera, a ne na suprotnoj strani kratera tj. na zidu kratera. Kada se izmjeri duljina sjene dolazi se do drugog cilja ove vježbe, a to je određivanje visine Mjesečevih kraterskih zidova uz pomoć primjene trigonometrijskih funkcija u trokutu. Inače, do danas u znanosti su za mjerenje visine kratera na Mjesecu upotrebljavane tri metode mjerenja, prva jest Galileova metoda mjerenja visine pomoću terminatora, druga je ova metoda koju mi koristimo u ovoj vježbi, a to je metoda mjerenja duljine sjena kraterskog zida i treća suvremena metoda korištena na misiji *Clementine* jest metoda laserskog altimetra koja nam je dala prvi potpuni pogled na topografiju Mjeseca.

Teorijski dio

Mjesec je jedini Zemljin prirodni satelit, često se u današnje vrijeme kaže da je Mjesec praktički drugi planet u sustavu Zemlja-Mjesec. Uz Sunce Mjesec je najsjajniji objekt na našem nebu, puni Mjesec ima magnitudu u iznosu do $-12,7$. Udaljenost Mjeseca od Zemlje iznosi otprilike 384 000 kilometara. Mjesečev dijametar iznosi 3476 kilometara što znači da Mjesečev volumen iznosi 0,0203 volumena Zemlje, a sa prosječnom gustoćom od $3,34 \frac{g}{cm^3}$ Mjesečeva masa iznosi 0,0123 mase Zemlje. Zemlja i Mjesec se kao sustav dvaju tijela vrte oko zajedničkog centra mase, i period revolucije Mjeseca traje 27,3 dana, a isto toliko traje Mjesečev dan tako da kažemo da mjesec sinkronu rotaciju tj. period revolucije i period rotacije su jednaki, pa je zbog toga Mjesec nama pokazuje samo svoju jednu stranu.

U stvari mi vidimo više od jedne polovice Mjesečeve površine jer dolazi do pojave koja se zove libracija do koje dolazi zbog toga što je površina Mjeseca lagano eliptična, pa je čak moguće i vidjeti do 59% Mjesečeve površine. Koliko god da nam je sjajan kada ga gledamo sa Zemlje njegov albedo je vrlo malen i iznosi oko 0,07 jer su stijene na Mjesečevoj površini veoma tamne. Cijela površina Mjeseca može se podijeliti u tamnija područja imenom mora (*lat. mare-more*) i svjetlija područja koja imaju naziv tera (*lat. terra-zemlja, tlo*). Tamnija područja tj. mora su niske vulkanske doline koje su karakteristične za sjeverni dio vidljive strane Mjeseca, dok su svjetlija područja praktički Mjesečeva visočja koja su karakteristična za južni dio vidljive strane i cijelu nevidljivu stranu Mjeseca.

No ono što nas najviše interesira to su krateri na Mjesecu, tj. sve strukture nastale udarom. U početku Mjesečeve povijesti udari su bili češći i jači tako da su tada nastale najveće strukture, no postoji određena veza između izgleda tih udarnih struktura tj. kratera i strane Mjeseca. Na vidljivoj strani Mjeseca gdje je kora tanja pri udaru došlo bi do ispunjavanja kratera lavom iz dijelova pod Mjesečevom površinom čime bi nastala tzv. mora, dok na nevidljivoj strani mora nisu prisutna jer je kora mnogo deblja. Krateri koji su nastali kao udarne strukture kao posljedica udara nekog asteroida imaju osnovnu strukturu, a to je kružni zid kratera, zatim pod kratera koji je niži od okolnog terena, a poneki krateri imaju centralni vrh. Oblik kratera ovisi o kutu upada meteora ili asteroida, strukturi

same površine na koju tijelo koje pada će pasti, masi i energiji tijela koje pada, te o gravitaciji samog tijela na kojem će nastati krater.

Pri udaru nekog asteroida, koji se giba brzinom od oko desetak kilometara u sekundi, na površinu nekog planeta ili mjeseca dolazi do stvaranja udarnih valova u okolici udarne točke zbog kojeg dolazi do stvaranja visokog tlaka koji je oko milijun puta veći nego tlak na površini Zemlje. Takav tlak može stijenu stisnuti na trećinu njezina volumena. Zbog tako velikoga tlaka stijene se počinju ponašati kao tekućina. Iza samog udarnog vala dolazi dekompresijski val koji omogućuje okomito gibanje materijala tako da udarno tijelo koje je sada u tekućem ili plinovitom stanju i dekomprimirani materijal biva izbačen izvan kraterske udoline kao struktura stožastog oblika. No pri udaru asteroida ne dolazi samo do formacije kratera.

Također se u takvim procesima pojavljuju jako snažni potresi. Inače otapanje kratera ovisi o planetološkoj aktivnosti objekta, tako npr. Zemlja je jako geološki aktivna pa krateri ne opstaju dugo, a Mjesec je poprilično selenološki neaktivan i zbog toga su krateri jako dobro očuvani.

Praktični dio

U ovoj vježbi smo određivali visinu zida kratera na Mjesecu mjereći sjenu kratera na Mjesečevoj površini. Za našu vježbu jer smo bili u nemogućnosti napraviti svoju koristili smo slike Mjeseca sa ESO-a (European Southern Observatory) i sa http://astrosurf.com/moon/index_us.htm, <http://astrosurf.com/jm.pierre/page2.html>.

Postupak mjerenja je sljedeći:

- Od jednog vrha terminatora (terminator-granica osvijetljene i neosvijetljene strane objekta) do drugog vrha terminatora na slici provučemo dužinu AB koja također prolazi kroz centar Mjeseca na slici. Izmjerimo duljinu te dužine koja je prividni promjer d Mjeseca na slici, $d=2r$. Sa r je označen prividni polumjer Mjeseca na slici.
- Iz točke O koja je centar Mjeseca na slici i koja je na polovici dužine AB povučemo dužinu OC okomitu na AB do ruba terminatora. Duljinu te dužine izmjerimo i označimo je sa l .
- Za kut terminatora w tj. za kut između ravnine terminatora i pravca koji prolazi centrom Mjeseca i centrom Zemlje vrijedi:

$$\sin w = \frac{l}{d} \quad (1.1).$$

- Odaberemo krater poznate lunarne dužine s ne daleko od ekvatora i ne preblizu terminatoru.
- Izmjerimo najveću duljinu sjene kratera z na slici.
- Za visinu kratera H vrijedi sljedeći izraz:

$$H = \frac{z}{r} R \frac{\sin(w(s+C))}{\cos C} \quad (1.2).$$

Gdje je $C=-w$ mjereno u pozitivnom smjeru od centralnog meridijana prema *Mare Crisium*, a R je polumjer Mjeseca koji iznosi 3476 km.

Rezultati i obrada podataka

Pomoću metode mjerenja duljine sjene na fotografijama Mjeseca dobili smo sljedeće rezultate za visine zidova kratera na Mjesecu, uzimajući u obzir samo kraterne ne daleko od Mjesečevog ekvatora, i ne blizu od linije terminatora. Dobili smo sljedeće rezultate koristeći slike sa ESO-a i Zvezdarnice grada Toulousea u Francuskoj:

<u>Krater</u>	<u>Strana kratera</u>	<u>Visina kratera</u>
Purbach	W	2870m
Thebit	W	5040m
Arzchel	W	3730m
Alphonsus	W	3160m
Ptolomeus	W	2300m
Gassendi	W	2198m
	E	2640m
Mersenius	W	4940m
	E	5280m

Zaključak

Usporedili smo neka mjerenja sa mjerenjima dobivenim laserskom topografijom u svemirskoj misiji *Clementine* i možemo reći da su nam rezultati dosta blizu točnih vrijednosti.